西藏地区一种新的四季划分方法

史继清[1,2]， 周刊社[1]， 张东东[1]， 杜 军[3]， 甘臣龙[4]， 普布多吉[1]

（1. 西藏自治区气候中心，西藏 拉萨 850000；2. 日喀则国家气候观象台，西藏 日喀则 857000；
3. 西藏高原大气环境科学研究所，西藏 拉萨 850000；4. 墨竹工卡县气象局，西藏 拉萨 850000）

摘 要：利用西藏地区38个气象站点1981—2022年逐日气温资料，分析常用气候季节划分方法在西藏地区的适用性，指出各种季节划分方法的不足和局限，基于西藏物候和主要农作物生育期提出的季节划分气温阈值等指标，筛选出适于西藏地区的季节划分方法及气温阈值，分析了西藏地区的四季开始日和长短的变化特征。结果表明：(1) 常用气候季节划分方法在西藏地区应用有一定的局限性，而西藏物候季节划分方法和生育期季节划分方法适用于西藏高原地区的农事活动。(2) 基于阈值“6 ℃、15 ℃”“5 ℃、16 ℃”“6 ℃、16 ℃”和“6 ℃、17 ℃”分析典型气象站四季时间长度变化特征发现，改则冬季时间长度长于其他季节、察隅夏季时间长度长于其他季节，且拉萨、昌都、改则、察隅四季长度均呈现夏季上升和秋冬季下降的趋势。(3) 拉萨和昌都的夏季平均气温进行突变检验发现两站分别于2011年和2017年出现突变，佐证了夏季阈值取17 ℃的合理性。(4) 西藏新四季划分法指标为“6 ℃、17 ℃”，该指标划分西藏四季发现，夏季站点主要分布在雅鲁藏布江一线的较低海拔地区；春、秋季持续时间整体呈现西北部和南部偏短、中东部偏长的特征，夏季呈现中部偏长、四周偏短的特点，冬季与春秋季则相反；四季时空特征符合西藏地区实际情况。春、夏、秋、冬季平均开始日分别为3月21日、6月16日、7月25日、11月3日。

关 键 词：季节划分方法；气温阈值；物候；生育期；西藏

文章编号：1000－6060(2024)05－0773－12(0773～0784)

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告[1-2]指出，基于历史观测和21世纪模式模拟试验，全球尺度上陆地升温造成了大气蒸发需求和干旱事件强度的增加(高信度)。中国年平均气温较常年同期偏高0.79 ℃，为1951年以来连续第五暖年[3]。气温的升高势必引起四季的起止时间和长度的改变，进而直接影响人类的生活和农牧业的生产。

季节是指每年循环出现的“春生、夏长、秋收、冬藏”几个时间段，一年四季是因为地球围绕太阳公转而形成的。对于四季的划分通常有天文、气象、古代、农历、节气、物候、候温、大气环流[4-7]等方法，前面5种方法简单方便，但存在全国各地都在同一天进入同一个季节的不合理现象。物候和候温2种方法考虑了不同地域的自然景色和人们的生活节奏与四季划分的关联性，但前者需要各地特色植物代表四季的物候期，一般较难获得连续多年观测资料，后者存在认为割裂天气过程及大、小候差异等问题[6]。大气环流季节划分方法所需要的季节划分指标过于专业和不易获取，难以在实际中操作运用。由中国气象局发布的气候季节划分(QX/T 152–2012)标准[8]和由国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布的气候季节划分(GB/T 42074–2022)标准[9]都是采用的5 d滑动平均气温法划分四季。近年来，诸多学者在此方法基础上对中国[10]、云南[11]、黑龙江[6]、乌海市[12]等省域或市域季节划分

收稿日期：2023-09-04； **修订日期**：2023-10-29

基金项目：第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK0106，2019QZKK0105)；中国气象科学研究院青藏高原与极地气象科学研究所开放课题(ITPP2021K03)资助

作者简介：史继清(1988-)，女，硕士，副研级高工，主要从事生态与农业气象方面研究. E-mail: shijiqing10@126.com

通讯作者：周刊社(1977-)，男，硕士，正研级高工，主要从事生态与农业气象方面研究. E-mail: zhoukanshe@163.com

方面做了大量研究，虽然该方法在实际应用中更具通用性，但由于四季气温阈值的固定也会导致部分特殊气候地区的划分局限性。

西藏地区海拔不一、地形复杂多变，气候差异很大，运用国标和行标中的四季气温阈值会存在“常年无夏、春秋相连”的状况。基于此，史继清等[5]基于高程数据对西藏地区采用不同的气温阈值分析了西藏全区气候季节开始日、长短和早晚、长短等级的变化特征，虽然该方法使得西藏各地都有春、夏、秋、冬四季，但是各地的气候季节开始日、长短和早晚、长短缺乏可比性，与实际四季情况存在偏差。综上，本文基于5 d滑动平均气温法理论，借鉴张宝堃四季划分方法[13]、汤懋苍青藏高原铁路沿线季节划分方法[14]、高原物候季节划分方法[15]、范思睿青藏高原四季划分方法[15]和史继清海拔四季划分方法[5]，将几种阈值划分的西藏四季结果进行对比分析，利用西藏物候季节划分方法和西藏主要农作物生育期季节划分方法求出西藏地区不同气温阈值，再选用典型气象站对所有季节方法进行验证，拟找出更适合西藏地区的四季划分方法阈值，以此分析出西藏地区的四季开始日和长短的变化特征，为西藏农牧业生产和旅游资源开发等提供重要的指导作用。

1 材料与方法

1.1 资料来源

西藏地区38个站点（图1）的逐日平均气温（1981—2022年）、西藏高原物候站（拉萨和泽当）（2010—2020年）自然物候资料、冬小麦生育期（拉萨和泽当）和春青稞生育期（拉萨、泽当、林芝和日



注：该图基于西藏自然资源厅标准地图服务网站下载的审图号为藏S(2022)004号的标准地图制作，底图边界无修改。下同。

图1 西藏地区38个气象站点分布

Fig. 1 Distribution of 38 meteorological stations in Tibet

喀则）观测资料（1993—2020年）均来源于西藏自治区气候中心。其中，西藏根据气候区域划分为那曲中西部（那曲、班戈、申扎、当雄、安多、狮泉河、普兰、改则）、雅鲁藏布江一线（拉萨、泽当、日喀则、江孜、浪卡子、拉孜、尼木、贡嘎、墨竹工卡、加查、南木林）、沿喜马拉雅山一带（聂拉木、定日、隆子、错那、帕里）、东北部（昌都、丁青、索县、嘉黎、比如、洛隆、类乌齐）和东南部（林芝、波密、察隅、左贡、芒康、米林、八宿）；自然物候资料有旱柳和苹果树的芽膨、芽开、展叶、花蕾、开花、果实、叶变色、落叶期。

1.2 研究方法

基于张宝堃四季划分方法[13]、汤懋苍青藏高原铁路沿线季节划分方法[14]、高原物候季节划分方法[15]、范思睿青藏高原四季划分方法[15]和史继清海拔四季划分方法[5]以及物候、农作物生育期等方法对西藏地区四季分析的基础上，确定四季气温阈值为“6 ℃、17 ℃、17 ℃、6 ℃”的一种新的划分方法。

常用气候季节划分方法[5,13-15]和西藏地区季节划分方法均以5 d滑动平均气温分别满足一定气温阈值的开始日期作为入春（冬）、入夏（秋）日期。以某一气候季节起始日的前一日，作为上一个季节的终止日。某一气候季节起始日至终止日之间的天数，为该气候季节的时间长度。Mann-Kendall的检验方法是非参数统计方法，该方法不易受异常值干扰，样本无需遵从一定的分布，可以用于突变检验[16]。

2 结果与分析

2.1 常用气候季节划分方法

2.1.1 张宝堃四季划分方法 利用西藏地区38个台站的逐日平均气温资料得到全年平均气温的总体趋势走势（图2），发现西藏气温全年偏低，最高日平均气温为13.7 ℃（出现在第188 d），全年有近1/3时间处于0 ℃以下。利用张宝堃[13]四季划分方法划分西藏地区四季（图3、图4），因为所有台站都是春秋相连（不存在夏季），故只计算春、秋相连两季的持续时间和冬季持续时间。那曲中西部、雅鲁藏布江一线、沿喜马拉雅山一带、东北部和东南部春秋季持续时间分别为68 d、154 d、109 d、101 d、165 d，冬季持续时间分别为297 d、211 d、256 d、264 d、200 d。整体而言，西藏地区春、秋相连两季的平均持续时间约为120 d（4个月），冬天平均时间高达240 d（8个月），春季平均开始日期为6月上旬，冬季平均开

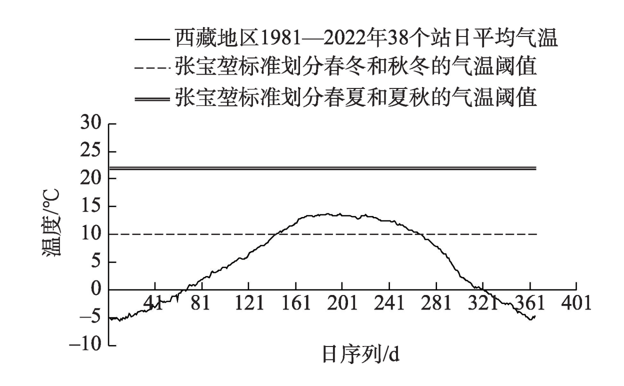


图2 1981—2022年38个台站逐日平均气温

Fig. 2 Daily average temperature at 38 stations from1981 to 2022

始日期为9月下旬，春、秋相连两季持续时间偏短，冬季持续时间偏长，春季开始时间偏晚，冬季开始时间偏早。就持续时间和开始时间2个因素来看，与高原实际情况严重不符，说明张宝堃四季划分方法在高原不适用，需要探讨新高原四季划分方法。

2.1.2 ***汤懋苍青藏高原铁路沿线季节划分方法*** 青藏高原铁路沿线季节划分方法定为5 d滑动平均气温（记为T，下面季节方法同理），$T≥5$ ℃为春季开始，$T≥17$ ℃为夏季开始，$T<17$ ℃为秋季开始，$T<5$ ℃为冬季开始[14]。运用该方法划分西藏地区四季，得出四季持续时间图（图5）和开始时间图（图略）中有夏季的台站有15个。那曲中西部、雅鲁藏布江一线、沿喜马拉雅山一带、东北部和东南部春季持续时间分别为54 d、91 d、66 d、78 d、103 d，夏季持续时间分别为0 d、14 d、0 d、0 d、42 d，秋季持续时间分别为81 d、114 d、87 d、89 d、98 d，冬季持续时间分别为229 d、145 d、211 d、192 d、120 d。除去23个无夏季站点，西藏地区春、夏、秋、冬季平均持续时间分别为104 d、31 d、106 d、122 d，平均开始时间分别为3月12日、6月16日、7月25日、11月1日。该方法划分的夏、秋、冬季开始时间和四季持续时间比较符合高原实际情况，但是春季开始时间偏早，对西藏

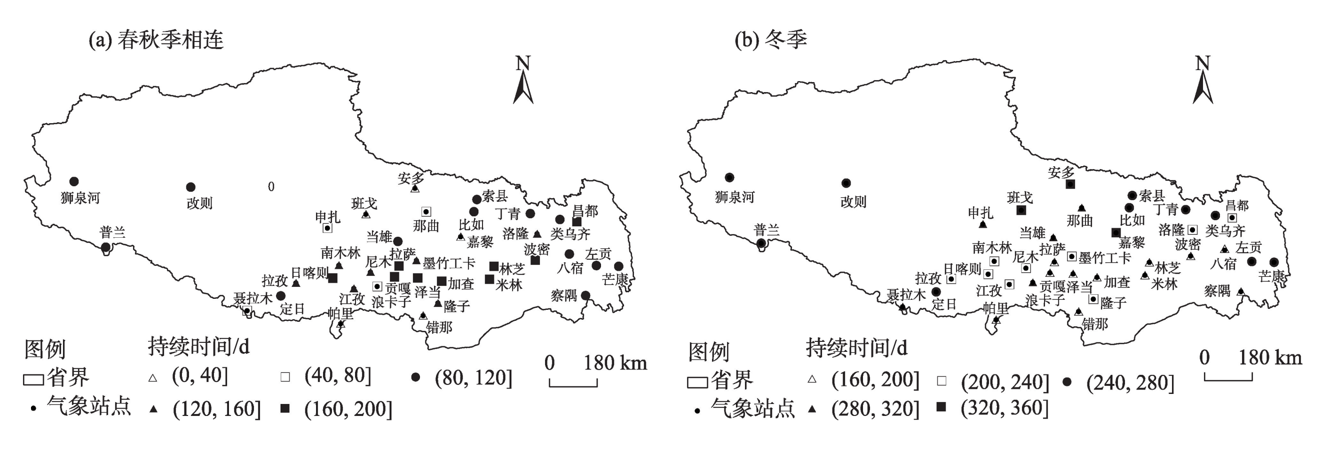


图3 张宝堃四季划分方法划分的西藏地区四季持续时间

Fig. 3 Duration of the four seasons in Tibet according to Zhang Baokun's four seasons division method

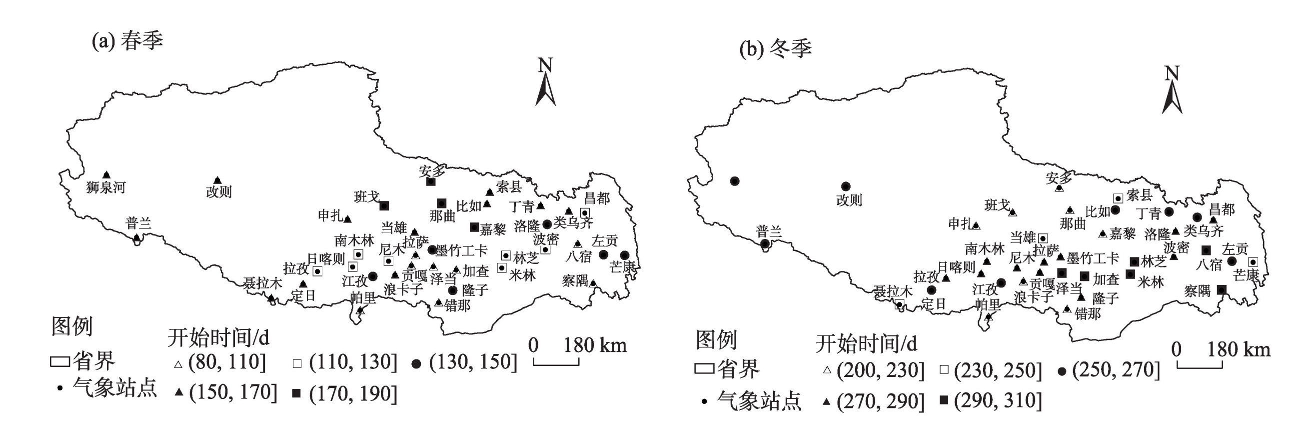


图4 张宝堃四季划分方法划分的西藏地区四季开始时间

Fig. 4 Start time of the four seasons in Tibet according to Zhang Baokun's four seasons division method

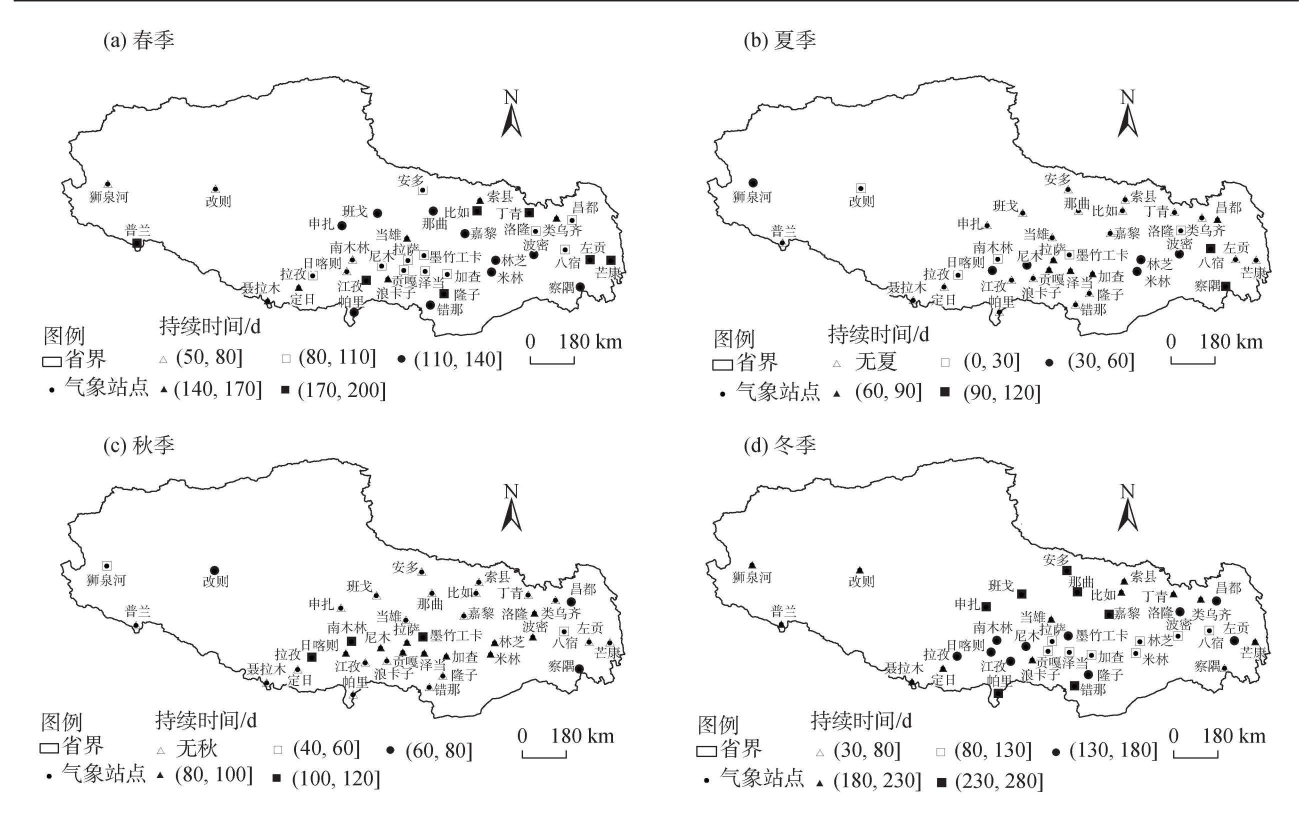


图5 汤懋苍四季划分方法划分的西藏地区四季持续时间

Fig. 5 Duration of the four seasons in Tibet according to Tang Maocang's four seasons division method

地区的季节划分有一定的局限性。

2.1.3 高原物候季节划分方法 高原物候季节划分方法定义T≥4 ℃为春季开始，T≥12 ℃为夏季开始，T<10 ℃为秋季开始，T≤1 ℃为冬季开始[15]。此方法划分的四季持续时间图(图6)和开始时间图(图略)中有夏季的台站共34个(除错那、帕里、嘉黎、安多外)，错那和帕里只有春、冬季，其中冬季涵盖7个月，察隅无冬季。那曲中西部、雅鲁藏布江一线、沿喜马拉雅山一带、东北部和东南部春季持续时间分别为53 d、66 d、101 d、60 d、77 d，夏季持续时间分别为54 d、137 d、55 d、86 d、146 d，秋季持续时间分别为54 d、53 d、29 d、55 d、60 d，冬季持续时间分别为205 d、109 d、180 d、164 d、82 d。除去4个无夏季站点，西藏地区春、夏、秋、冬季平均持续时间分别为69 d、113 d、44 d、154 d，平均开始时间分别为4月7日、6月7日、9月21日、11月12日。该方法划分的春、冬季开始时间和冬季持续时间比较符合高原实际情况，但是持续时间夏季偏长、春秋季偏短，开始时间秋季偏晚，秋季持续时间偏短会让植物没有足够时间果实成熟和叶片变色[15]。

2.1.4 范思睿青藏高原四季划分方法 范思睿青藏高原四季划分方法定义T≥5 ℃为春季开始，T≥15 ℃为夏季开始，T<15 ℃为秋季开始，T<5 ℃为冬季开始[15]。此方法划分的四季持续时间图(图7)和开始日期图(图略)中有四季的台站共22个。那曲中西部、雅鲁藏布江一线、沿喜马拉雅山一带、东北部和东南部春季持续时间分别为91 d、88 d、114 d、89 d、100 d，夏季持续时间分别为12 d、70 d、0 d、34 d、75 d，秋季持续时间分别为35 d、67 d、38 d、49 d、74 d，冬季持续时间分别为226 d、140 d、208 d、192 d、116 d。除去无夏季站点，西藏地区春、夏、秋、冬季平均持续时间分别为82 d、57 d、81 d、144 d，平均开始日分别为3月24日、6月10日、8月10日、10月27日。该方法划分的春、秋、冬季持续时间和四季开始时间都比较符合高原实际情况，但是持续时间夏季偏长，对西藏地区的季节划分有一定的局限性。

2.1.5 史继清西藏全区气候季节划分方法 史继清西藏全区气候季节划分方法[5]：以海拔(H)划分不同阈值。此方法划分的四季持续时间图(图8)和开始时间图(图略)中均有四季，那曲中西部、雅鲁藏布江一线、沿喜马拉雅山一带、东北部和东南部春季持续时间分别为81 d、94 d、104 d、94 d、107 d，夏季持续时间分别为101 d、144 d、78 d、100 d、112 d，秋季持续时间分别为64 d、72 d、83 d、74 d、78 d，冬季

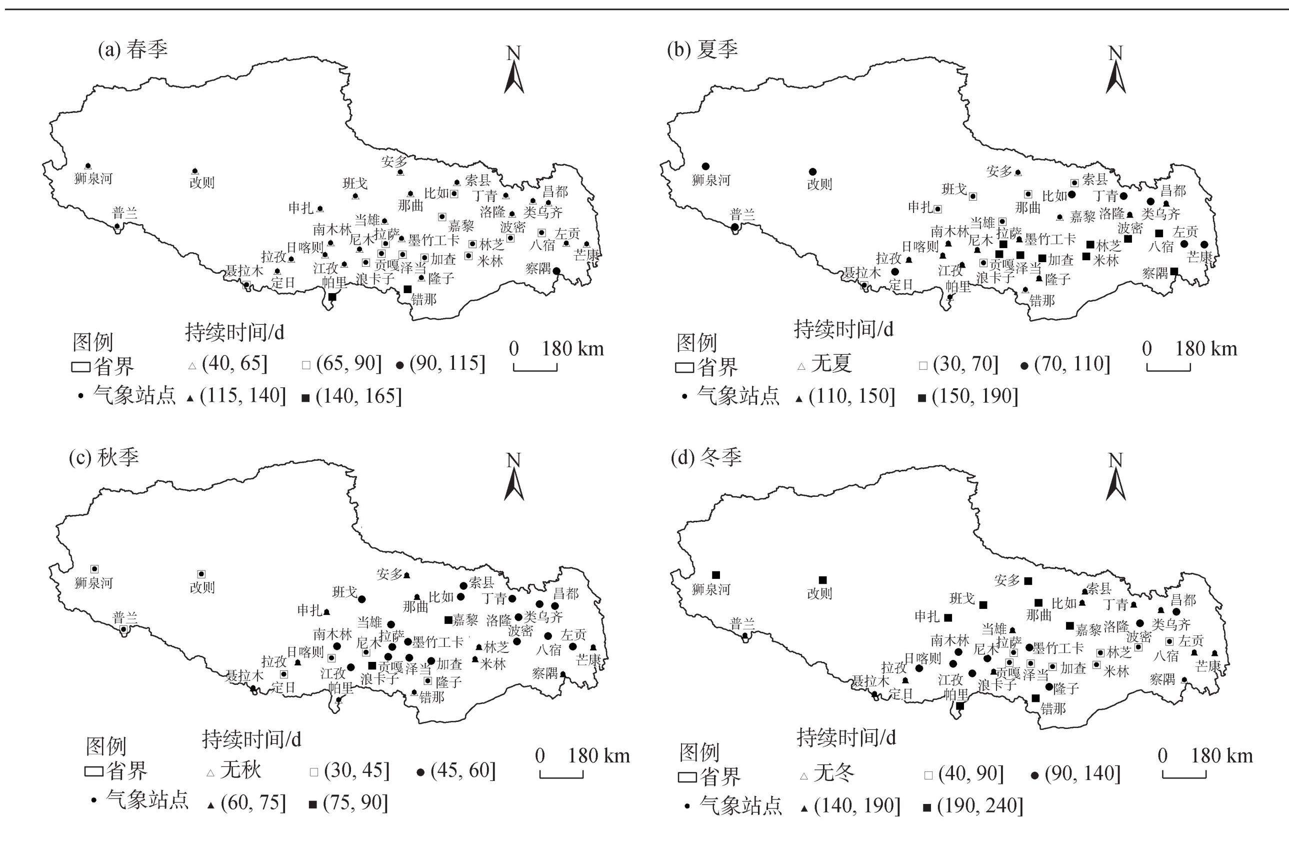


图6 高原物候季节划分方法划分的西藏地区四季持续时间

Fig. 6 Duration of four seasons in Tibet divided with the method of Plateau phenological season division

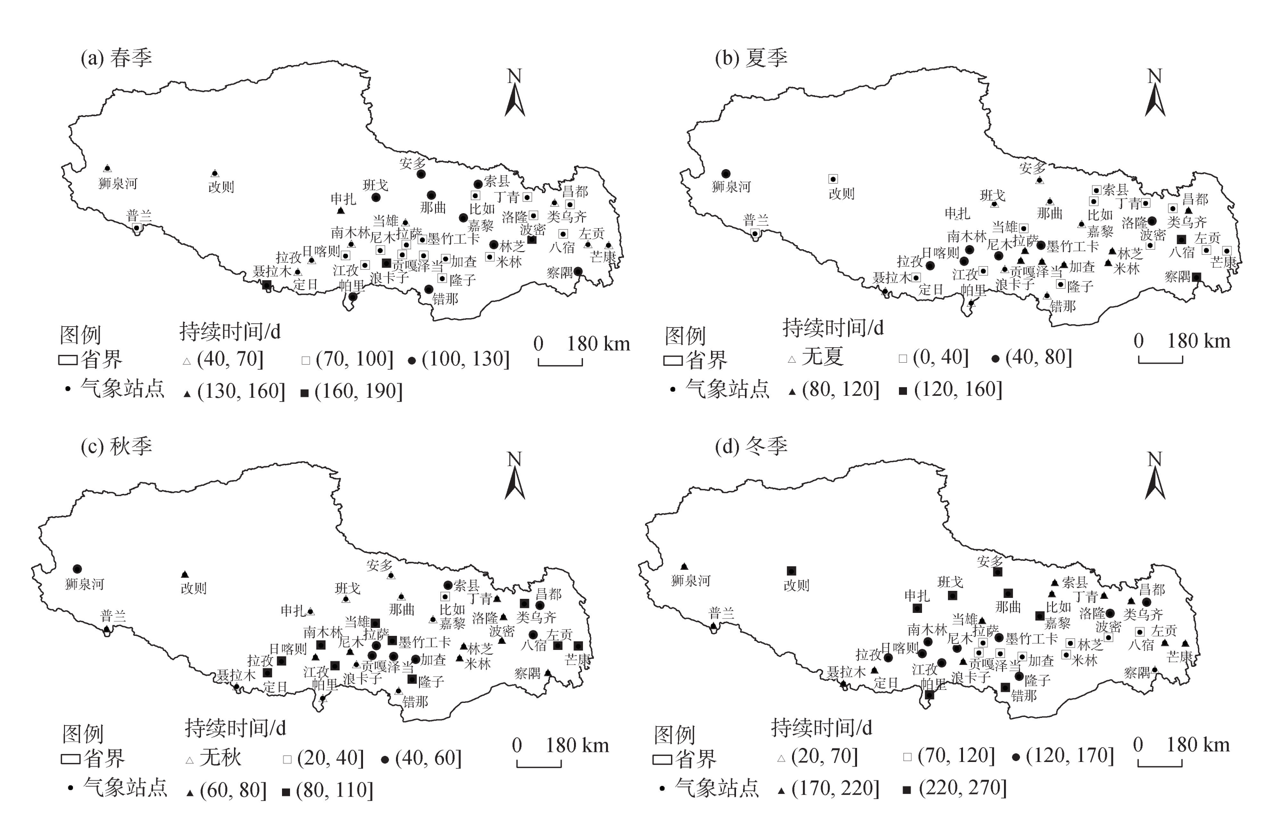


图7 范思睿青藏高原季节划分方法划分的西藏地区四季持续时间

Fig. 7 Duration of four seasons in Tibet divided with Fan Sirui’s method for seasonal division of the Tibet Plateau

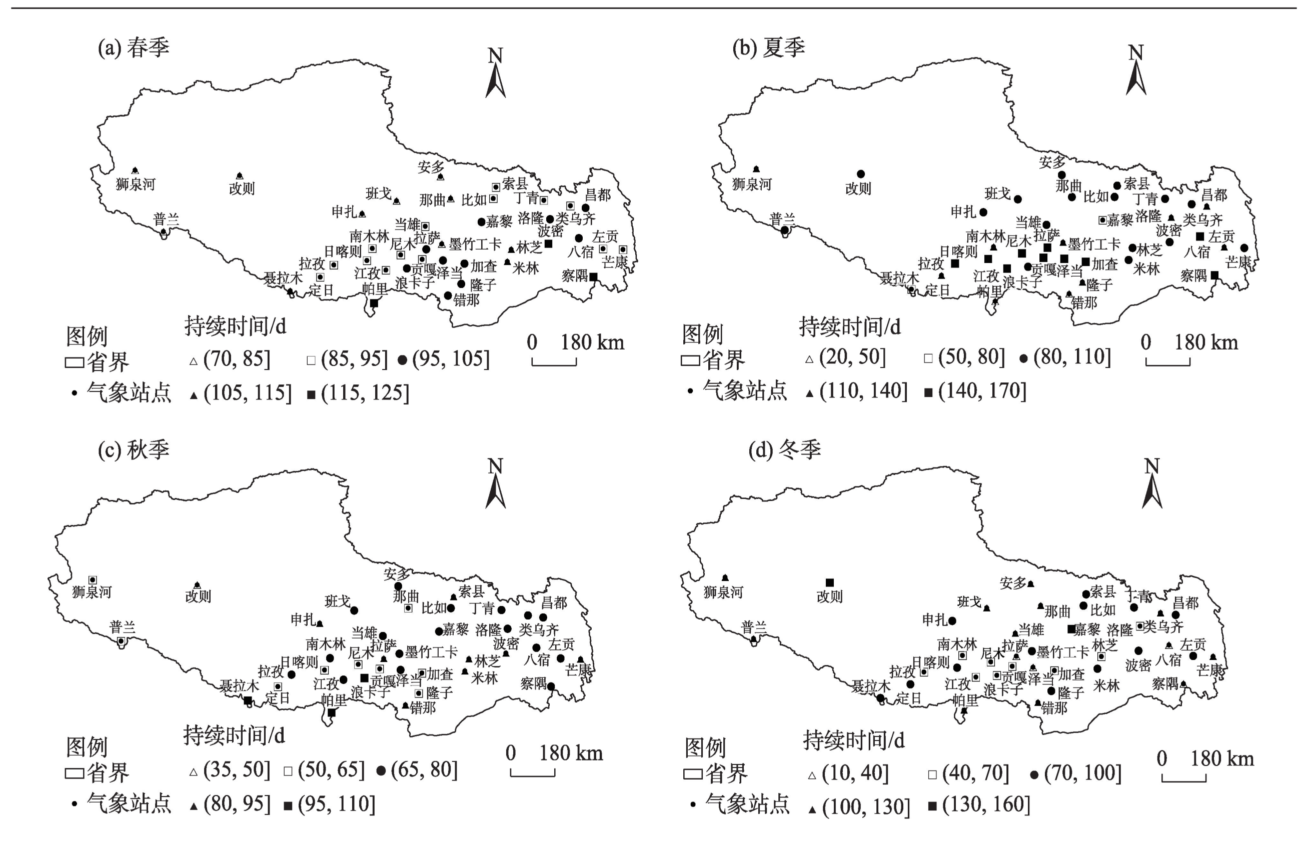


图8 史继清西藏全区季节划分方法划分的西藏地区四季持续时间

Fig. 8 Duration of the four seasons in Tibet according to Shi Jiqing's method of season division in Tibet

持续时间分别为119 d、55 d、101 d、97 d、67 d。整体而言，西藏地区春、夏、秋、冬季平均持续时间分别为95 d、112 d、73 d、85 d，平均开始日分别为2月22日、5月27日、9月18日、11月30日。该方法划分的春、秋季持续时间比较符合高原实际情况，但是持续时间夏季偏长、冬季偏短，开始日期春夏季偏早、秋冬季偏晚，对西藏地区季节划分亦存在局限性。

2.2 西藏地区四季划分方法

2.2.1 *西藏物候季节划分方法* 依据西藏高原物候站(拉萨、泽当)资料，以旱柳、苹果叶芽的芽开期作为春季开始的物候指标，以果实始期作为夏季开始的物候指标，以叶片开始变色作为秋季开始的物候指标，以落叶末期作为冬季开始的物候指标[15]，具体见表1。

将拉萨和泽当物候站的旱柳和苹果2种物候四季平均气温阈值平均得到西藏物候季节划分方法的四季阈值，即$T \geq 6.0$ ℃为春季开始，$T \geq 14.8$ ℃为夏季开始，$T \leq 12.6$ ℃为秋季开始，$T \leq 4.6$ ℃为冬季开始，为平衡春冬季和夏秋季阈值，最终以“6 ℃、15 ℃、15 ℃、6 ℃”来划分西藏四季(统称为西藏物候季节划分方法)。

2.2.2 *西藏主要农作物生育期季节划分方法* 基于拉萨和泽当冬小麦生育期观测资料，以冬小麦返青期作为春季开始的指标，以孕穗期作为夏季开始的指标，以成熟期作为秋季开始的指标，以分蘖期作为冬季开始的指标，具体见表2。

表1 西藏物候季节划分方法

Tab. 1 Method for division of phenological seasons in Tibet

季节	物候标志	气温/℃		开始时间/(月-日)		持续时间/d	
		拉萨(早柳/苹果)	泽当(旱柳/苹果)	拉萨(旱柳/苹果)	泽当(旱柳/苹果)	拉萨(旱柳/苹果)	泽当(旱柳/苹果)
春季	叶芽芽开期	4.3/6.7	5.6/7.3	03-02/03-27	03-05/03-26	77/137	74/138
夏季	果实始期	13.4/16.0	13.5/16.3	05-18/08-11	05-18/08-11	125/31	144/61
秋季	叶片始变	13.0/14.2	11.5/11.5	08-16/09-11	10-09/10-11	40/47	51/47
冬季	落叶末期	6.1/6.5	2.7/3.0	10-30/10-28	11-29/11-27	123/150	96/119

表2　西藏主要农作物(冬小麦)生育期季节划分方法

Tab. 2　Method for seasonal division of growing periods of main crop (winter wheat) in Tibet

季节	生育期	气温/℃		开始时间/(月-日)		持续时间/d	
		拉萨	泽当	拉萨	泽当	拉萨	泽当
春季	返青期	5.0	4.5	03-07	03-01	92	87
夏季	孕穗期	16.3	15.0	06-07	05-27	64	66
秋季	成熟期	16.1	15.0	08-10	08-01	110	108
冬季	分蘖期	2.0	4.5	11-28	11-17	99	104

将拉萨和泽当冬小麦生育期观测资料四季平均气温阈值平均得到西藏生育期季节划分方法的四季阈值,即T≥4.8 ℃为春季开始,T≥15.7 ℃为夏季开始,T≤15.6 ℃为秋季开始,T≤3.3 ℃为冬季开始,最终以“5 ℃、16 ℃、16 ℃、5 ℃”来划分西藏四季(统称为西藏生育期季节划分方法)。

基于拉萨、泽当、林芝、日喀则春青稞生育期观测资料,分别计算播种、抽穗、成熟期的多年平均气温,具体见表3。拉萨和泽当春青稞播种期5 d滑动平均气温虽高出冬小麦返青期3.5 ℃,但拉萨和泽当春青稞稳定通过6 ℃即进入春播期,均处在春季;抽穗期和成熟期平均气温与冬小麦孕穗期和成熟期平均气温差值在2 ℃以内。林芝和日喀则播种、抽穗、成熟期的多年平均气温值与拉萨和泽当返青、孕穗、成熟期的气温阈值基本一致,一定程度上印证了选择“5 ℃、16 ℃、16 ℃、5 ℃”阈值的西藏生育期季节划分方法的合理性。

2.2.3 ***典型气象站对常用气候季节划分方法及西藏地区季节划分方法的验证***　典型气象站依据海拔(H)选择,选取H≤3000 m(察隅)、3000 m<H≤3500 m(昌都)、3500 m<H≤4000 m(拉萨)和H>4000 m(改则)4个站,分别基于气温阈值标准(5 ℃、16 ℃、16 ℃、5 ℃,简称“5 ℃、16 ℃”;6 ℃、15 ℃、15 ℃、6 ℃,简称“6 ℃、15 ℃”;6 ℃、16 ℃、16 ℃、6 ℃,简称“6 ℃、16 ℃”;6 ℃、17 ℃、17 ℃、6 ℃,简称“6 ℃、17 ℃”)进行四季长度的时间变化趋势分析(图9~12)。

气温阈值取“6 ℃、15 ℃”和“5 ℃、16 ℃”时,改则冬季时间长度(平均230 d左右)远超其他季节时间长度(存在夏季的年份较少),四季长度呈现春夏季上升和秋冬季下降的趋势。拉萨四季呈现夏季显著上升和秋冬季显著下降的趋势,昌都呈春、秋、冬季不明显的下降趋势和夏季不明显的上升趋势;两站四季长度均出现冬季最长、春秋季相仿的特点。察隅夏季时间长度>春季>秋季>冬季,且夏季与冬季相差100 d左右,四季长度呈现春夏季不明显的上升和秋冬季不明显的下降特征。

气温阈值取“6 ℃、16 ℃”和“6 ℃、17 ℃”时,改则四季长度与前2个气温阈值的四季长度变化规律一致。拉萨四季呈现春季不明显下降、夏季显著上升和秋冬季显著下降的趋势,昌都呈夏季上升和秋冬季下降趋势;两站在“6 ℃、17 ℃”气温阈值时,四季长度均为冬季最长,夏季长度明显在2005年前为最短、2005年后与春秋季长度接近。察隅四季长度时间分布特点与前面2个气温阈值的规律较一致。综合上面结论,不同气温阈值下改则和察隅四季长度表现的规律较一致,而拉萨和昌都四季长度则不甚相同,尤以夏季最明显。拉萨和昌都在“5 ℃、16 ℃”气温阈值时,夏季时间长度均在2个月左右;在“6 ℃、15 ℃”气温阈值时,夏季时间长度为3个月左右;在“6 ℃、17 ℃”气温阈值时,夏季时间长度为1个月左右。在西藏“冬季持续时间长、夏季持续时间短”的背景下,由“6 ℃、15 ℃”气温阈值得出的“夏季时间长度为3个月”不符合实际,故夏季阈值取“16 ℃”或“17 ℃”更符合西藏当地的人体感知范围。

表3　西藏主要农作物(春青稞)生育期季节划分方法

Tab. 3　Method for seasonal division of growing periods of main crop (highland barley) in Tibet

季节	生育期	气温/℃				开始时间/(月-日)			
		拉萨	泽当	林芝	日喀则	拉萨	泽当	林芝	日喀则
春季	春播期	8.5	8.0	6.0	7.5	04-14	04-05	03-10	04-10
夏季	抽穗期	16.8	16.8	16.0	15.7	06-28	06-23	06-12	06-19
秋季	成熟期	16.0	16.0	16.0	14.0	08-10	08-09	07-26	08-06

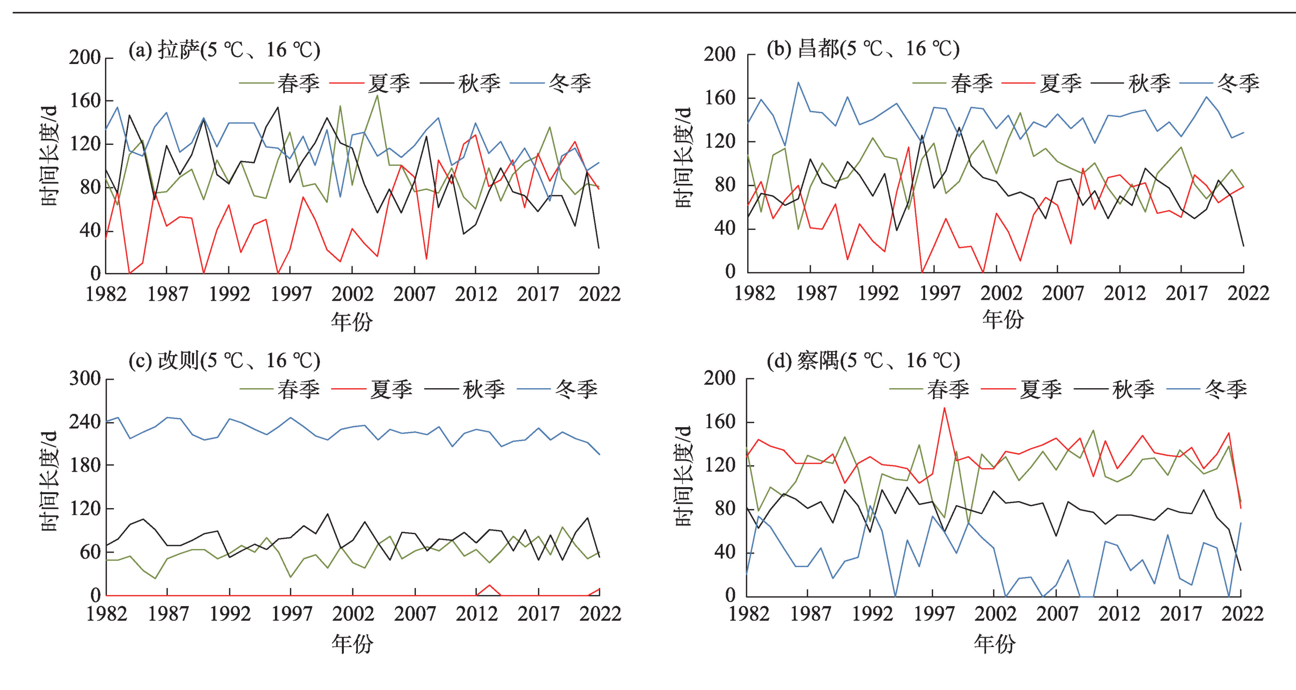


图9 气温阈值为"5 ℃、16 ℃"的典型气象站四季时间长度

Fig. 9 Four-season length of a typical weather station with a temperature threshold of "5 ℃, 16 ℃"

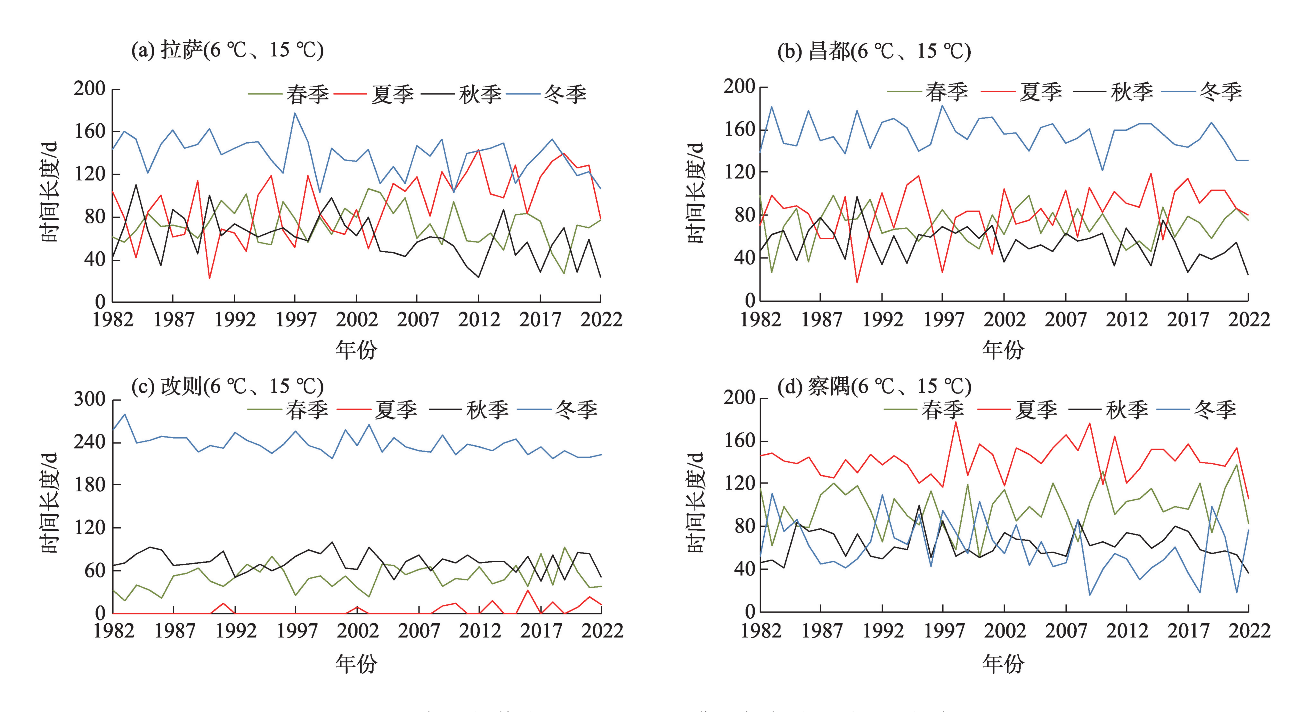


图10 气温阈值为"6 ℃、15 ℃"的典型气象站四季时间长度

Fig. 10 Four-season length of a typical weather station with a temperature threshold of "6 ℃, 15 ℃"

为进一步判断"16 ℃"还是"17 ℃"的合理性，利用Manner-Kendall方法对拉萨和昌都的夏季平均气温进行突变检验（图13），其中UF_k为时间顺序统计曲线、UB_k为时间逆序统计曲线。拉萨夏季日平均气温的UF_k和UB_k线在2009年相交，之后UF_k线持续上升，并在2011年通过0.05水平的临界线，2011年出现显著升高突变。昌都夏季日平均气温的UF_k和UB_k线在2017年相交，之后UF_k线持续上升并在2019年出现显著升高突变，一定程度上印证了"夏季时间长度明显在2005年后有所增加、并逼近春秋季时间长度"的观点。统计拉萨和昌都夏季2005—2022年的时间长度发现，"16 ℃"和"17 ℃"阈值下时间长度分别为80 d和50 d，因西藏具有冬长夏短的特点，50 d的夏季更符合西藏实际，佐证了夏季阈值

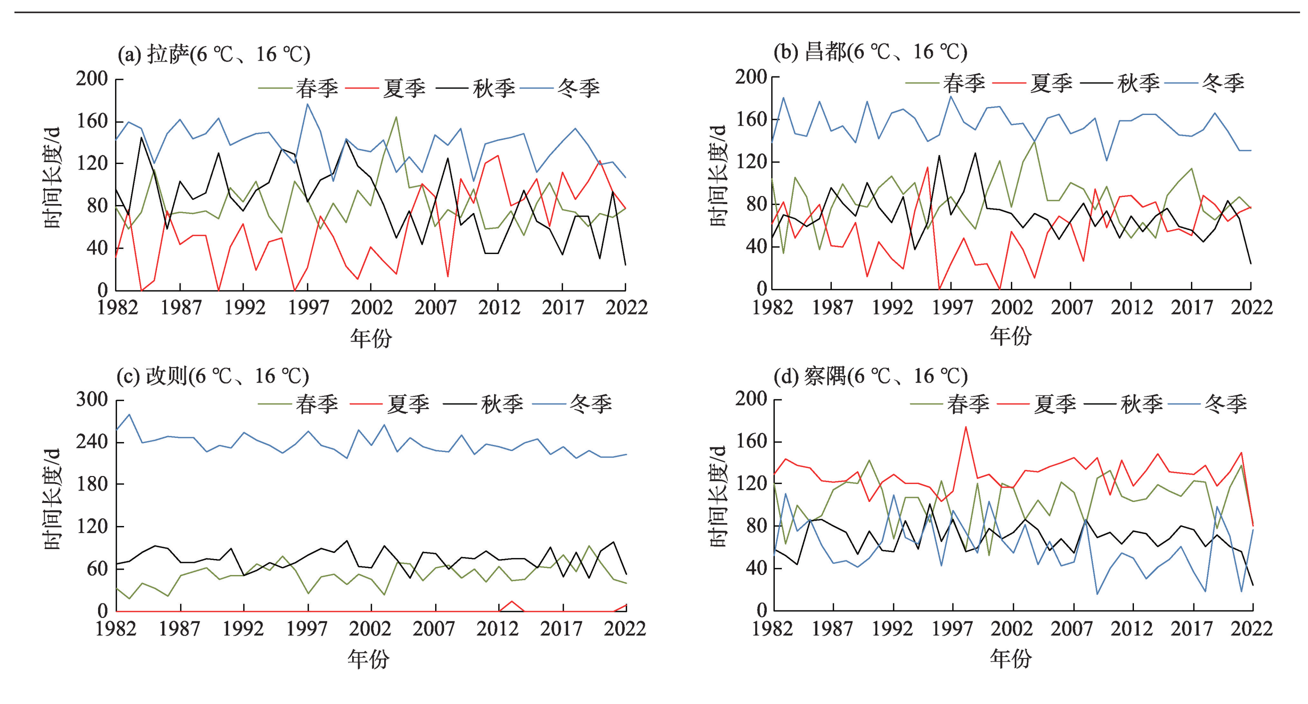


图11　气温阈值为“6 ℃、16 ℃”的典型气象站四季时间长度

Fig. 11　Four-season length of a typical weather station with a temperature threshold of “6 ℃, 16 ℃”

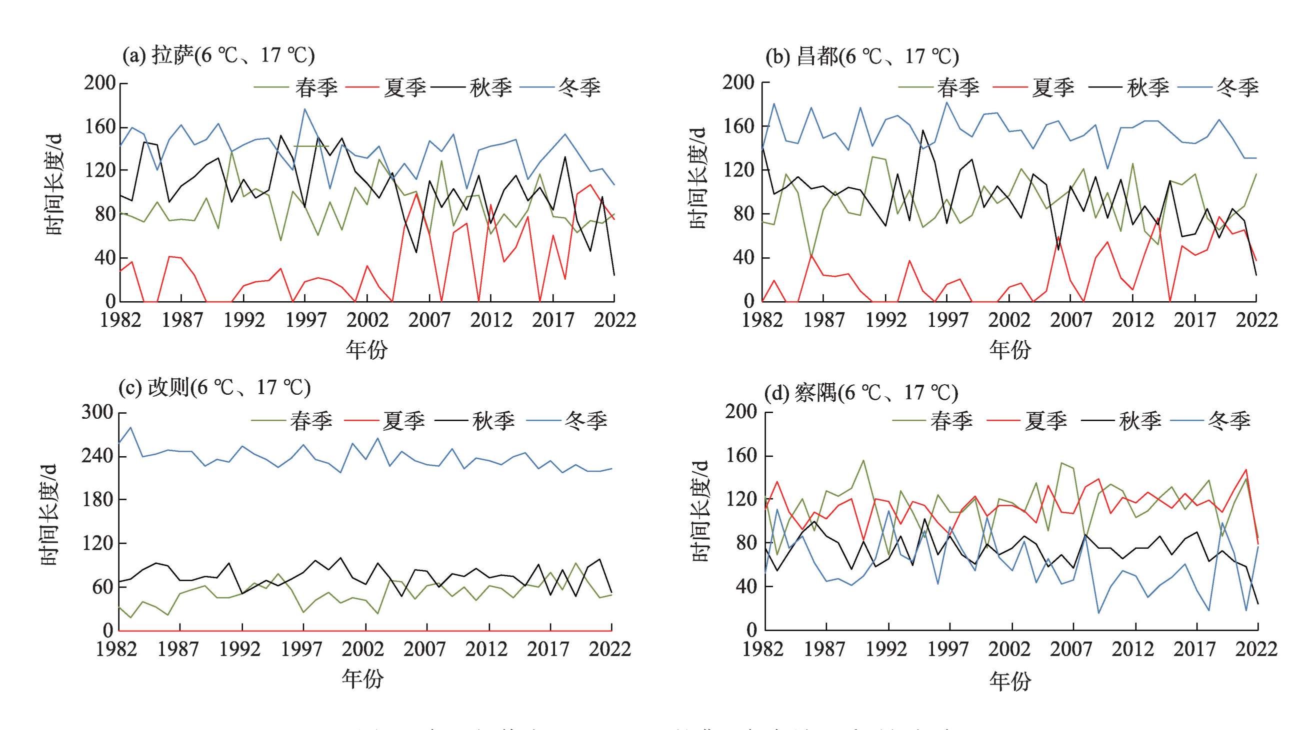


图12　气温阈值为“6 ℃、17 ℃”的典型气象站四季时间长度

Fig. 12　Four-season length of a typical weather station with a temperature threshold of “6 ℃, 17 ℃”

取17 ℃的合理性。

2.3　西藏地区季节分布特征

运用T≥6 ℃为春季开始，T≥17 ℃为夏季开始，T<17 ℃为秋季开始，T<6 ℃为冬季开始划分西藏四季(统称为西藏新四季划分法)，此方法划分的四季持续时间图(图14)和开始日期图(图略)中有四季的台站共15个，有23个台站不存在夏季，而不存在夏季的台站主要分布在西部、北部和南部边缘的高海拔地区，因此本文认为并不是因为划分夏季的界限气温过高而导致大量台站不存在夏季的。那曲中西部、雅鲁藏布江一线、沿喜马拉雅山一带、东北部和东南部春季持续时间分别为47 d、54 d、57 d、

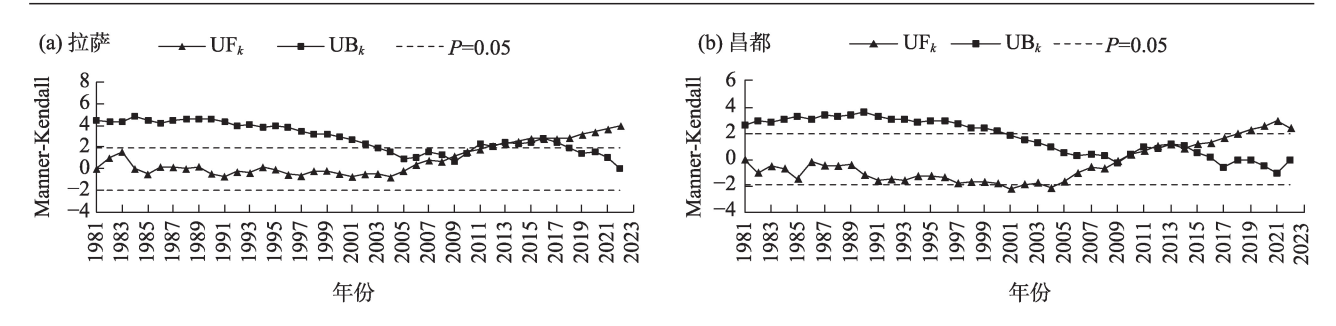


图13 1981—2022年典型气象站夏季平均气温Manner-Kendall突变检验

Fig. 13 Manner-Kendall mutation test of summer mean temperature at typical meteorological stations from 1981 to 2022

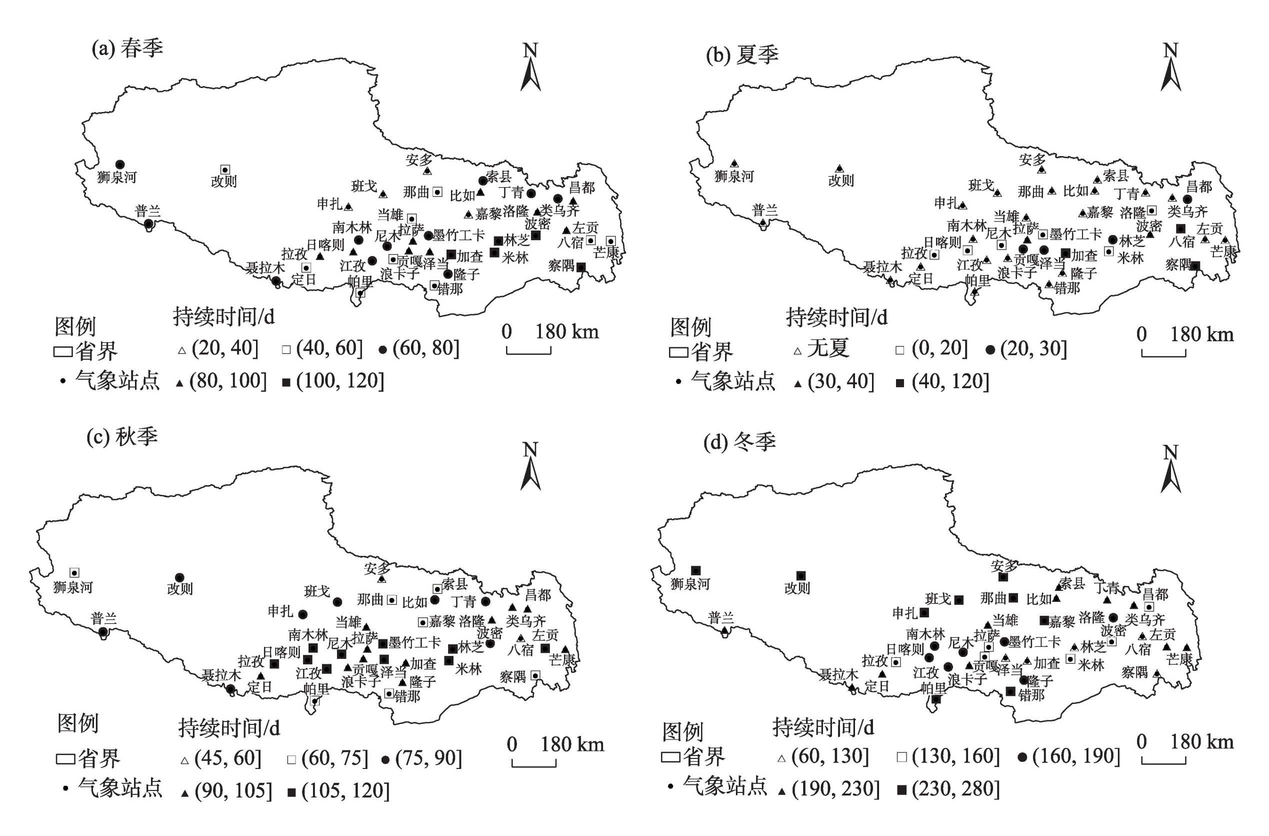


图14 气温阈值(6 ℃、17 ℃)划分的西藏地区四季持续时间

Fig. 14 Duration of four seasons in Tibet was divided with the temperature threshold (6 ℃, 17 ℃)

71 d、93 d,夏季持续时间分别为0 d、14 d、0 d、0 d、42 d,秋季持续时间分别为76 d、81d、82 d、84 d、92 d,冬季持续时间分别为242 d、226 d、226 d、206 d、136 d。整体而言,除去无夏季站点,西藏地区平均持续时间冬季最长(138 d),春、秋季分别为94 d、100 d,夏季最短(31 d);春季持续时间较长区域集中在林芝市,较短区域集中在那曲市;夏季持续时间察隅站和八宿站最长(114 d和109 d);秋季持续时间较长区域主要分布在雅鲁藏布江一线,较短区域位于北部地区;冬季持续时间较长区域分散在西北部和沿喜玛拉雅山一带,较短区域位于中部地区。春、夏、秋、冬季平均开始日分别为3月21日、6月16日、7月25日、11月3日。该方法划分的四季持续时间、四季开始时间都比较符合西藏地区实际情况。

3 讨 论

对比张宝堃四季划分方法得出"西藏地区无夏季区、冬季平均持续时间高达8个月,春季平均开始日期为6月上旬,冬季平均开始日期为9月下旬"的结论,本研究提出的"6 ℃、17 ℃"西藏四季气温阈值划分方法,既解决了春季平均开始时间偏晚、冬季平均开始时间偏早的问题,又考虑了低海拔区存在

夏季的事实。相较青藏高原铁路沿线季节划分方法得出的夏、秋、冬开始时间和四季持续时间较一致,但春季开始界限气温存在差异。相比高原物候季节划分方法和范思睿青藏高原四季划分方法得出的西藏地区冬季持续时间较吻合,弥补了前者“持续时间夏季偏长和春秋季偏短”和后者“持续时间夏季偏长”的不足;同时,亦解决了史继清西藏全区气候季节划分方法得出“持续时间夏季偏长、冬季偏短和开始日期春夏季偏早、秋冬季偏晚”的问题。

基于物候和气温得到西藏物候季节划分方法,利用农作物(冬小麦和春青稞)生育期和气温得到西藏生育期季节划分方法,两者均适用于西藏高原地区的农事活动,但对高原的生产生活是否适用尚需验证。

改进后的四季气温阈值虽较其他方法更适合西藏地区,但“西藏新四季划分法”对于海拔4500 m以上的高原地区适用性不强,尚需考虑更高海拔地区的特殊性,进一步发展“西藏新四季划分法”。

4 结 论

(1) 四季的划分方法有多种,而西藏地形地貌复杂多样,各地气候差异较大,用已公开方法中的气温阈值去界定西藏四季的起止明显不合理。研究中基于5 d滑动平均气温的理论已得到了较广泛的应用,基于西藏地区的气候变化趋势及气候特殊性,结合西藏物候季节划分方法和西藏生育期季节划分方法,将划分西藏四季的气温阈值作了本地化改进,最终确定四季气温阈值为6 ℃、17 ℃、17 ℃、6 ℃,新四季划分方法符合西藏地区实际情况。

(2) 基于“6 ℃、17 ℃”气温阈值划分西藏四季,发现有15个台站存在夏季,主要分布在雅鲁藏布江一线的较低海拔地区;四季平均开始日分别为3月21日、6月16日、7月25日、11月3日,平均持续时间冬季>秋季>春季>夏季。春季持续时间较长区域集中在林芝市,较短区域集中在那曲市;夏季持续时间察隅站和八宿站最长;秋季持续时间较长区域主要分布在雅鲁藏布江一线,较短区域位于北部地区;冬季持续时间较长区域分散在西北部和沿喜马拉雅山一带,较短区域位于中部地区。

参考文献(References)

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2021: The physical science basis[J]. Chemistry International, 2021, 43(4): 22-23.

[2] 李莹, 曾红玲, 王国复, 等. 2019年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J]. 气象, 2020, 46(4): 547-555. [Li Ying, Zeng Hongling, Wang Guofu, et al. Climate characteristics and major meteorological events over China in 2019[J]. Meteorological Monthly, 2020, 46(4): 547-555.]

[3] 卢冬燕, 朱秀芳, 刘婷婷, 等. 2 ℃温升情景下中国气象干旱特征变化[J]. 干旱区地理, 2023, 46(8): 1227-1237. [Lu Dongyan, Zhu Xiufang, Liu Tingting, et al. Changes in meteorological drought characteristics in China under the 2 ℃ temperature rise scenario [J]. Arid Land Geography, 2023, 46(8): 1227-1237.]

[4] 腾兴建. 从孔子的“行夏之时”主张看中国古代四季的划分[J]. 孔子研究, 2018(6): 80-91. [Teng Xingjian. The division of the four seasons in ancient China can be seen from the viewpoint of Confucius's “time to travel in summer”[J]. Confucius Studies, 2018(6): 80-91.]

[5] 史继清, 甘臣龙, 边多, 等. 1981—2015年西藏全区气候季节的变化[J]. 冰川冻土, 2018, 40(6): 1110-1119. [Shi Jiqing, Gan Chenlong, Bian Duo, et al. Variation of seasons in Tibet Autonomous Region from 1981 to 2015[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2018, 40(6): 1110-1119.]

[6] 刘玉莲. 1961—2010年黑龙江省气候季节时空分布及其变化特征[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(2): 89-96. [Liu Yulian. Temporal and spatial distribution of climatic season and its variation from 1961 to 2010 in Heilongjiang Province[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2015, 31(2): 89-96.]

[7] 邢小艺, 郝培尧, 李冠衡, 等. 北京植物物候的季节动态特征-以北京植物园为例[J]. 植物生态学报, 2018, 42(9): 906-916. [Xing Xiaoyi, Hao Peirao, Li Guanheng, et al. Seasonal dynamic of plant phenophases in Beijing: A case study in Beijing botanical garden[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2018, 42(9): 906-916.]

[8] 陈峪, 姜允迪, 陈鲜艳, 等. 中华人民共和国气象行业标准《气候季节划分》(QX/T 152-2012)[S]. 北京: 气象出版社, 2012. [Chen Yu, Jiang Yundi, Chen Xianyan, et al. Meteorological standard “division of climate seasons” of the People's Republic of China (QX/T 152-2012)[S]. Beijing: China Meteorology Press, 2012.]

[9] 陈峪, 赵琳, 何海, 等. 中华人民共和国国家标准《气候季节划分》(GB/T 42074-2022)[S]. 北京: 气象出版社, 2022. [Chen Yu, Zhao Lin, He Hai, et al. National standard“division of climate seasons” of the People's Republic of China (GB/T 42074-2022)[S]. Beijing: China Meteorology Press, 2022.]

[10] 马彬, 张勃. 基于格点数据的1961—2016年中国气候季节时空变化[J]. 地理学报, 2020, 75(3): 458-469. [Ma Bin, Zhang Bo. Spatio-temporal distribution of the climatic seasons in China from

1961 to 2016[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(3): 458−469.]

[11] 姚愚, 李蕊, 郑建萌, 等. 1961—2017年云南季节变化特征分析[J]. 气象科学, 2020, 40(6): 849−858. [Yao Yu, Li Rui, Zheng Jianmeng, et al. Studies on the characteristics of seasonal variation of Yunnan Province during 1961—2017[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2020, 40(6): 849−858.]

[12] 张洪杰. 乌海市四季气候季节划分及特征分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2020(24): 82−84, 86. [Zhang Hongjie. Seasonal division and characteristics of climate in Wuhai[J]. Inner Mongolia Science Technology & Economy, 2020(24): 82−84, 86.]

[13] 张宝堃. 中国季节之分配[J]. 地理学报, 1934, 1(1): 29−74. [Zhang Baokun. The distribution of seasons in China[J]. Acta Geographica Sinica, 1934, 1(1): 29−74.]

[14] 汤懋苍, 钟海玲, 李栋梁. 青藏铁路沿线的四季划分及其温度变化分析[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 440−444. [Tang Maocang, Zhong Hailing, Li Dongliang. The standard of marking off the four seasons along Qinghai-Xizang railway and its temperature variation analysis[J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(5): 440−444.]

[15] 范思睿, 范广洲, 董一平, 等. 青藏高原四季划分方法探讨[J]. 高原山地气象研究, 2011, 31(2): 1−11. [Fan Sirui, Fan Guangzhou, Dong Yiping, et al. Research of the seasonal division method on Tibetan Plateau[J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2011, 31(2): 1−11.]

[16] 史继清, 边多, 杨霏云, 等. 西藏地区潜在蒸散量变化特征及灰色模型预测初探[J]. 干旱区地理, 2021, 44(6): 1570−1579. [Shi Jiqing, Bian Duo, Yang Feiyun, et al. Variation characteristics of potential evapotranspiration and the forecast of grey model in Tibet [J]. Arid Land Geography, 2021, 44(6): 1570−1579.]

A new method of four seasons division in Tibet

SHI Jiqing[1,2], ZHOU Kanshe[1], ZHANG Dongdong[1], DU Jun[3],
GAN Chenlong[4], PUBU Duoji[1]

(1. Tibet Climate Center, Lhasa 850000, Tibet, China; 2. Xigaze National Climate Oberservatory, Xigaze 857000, Tibet, China;
3. Tibet Plateau Atmospheric Environmental Science Research Institute, Lhasa 850000, Tibet, China;
4. Maizhokunggar County Meteological Bureau, Lhasa 850000, Tibet, China)

Abstract: This study evaluates the applicability of common climatic seasonal division methods in Tibet of China, utilizing daily temperature data from 38 meteorological stations spanning from 1981 to 2022. The analysis highlights the limitations of various seasonal division approaches and emphasizes the suitability of Tibetan phenological and growing season division methods for agricultural activities in Plateau region of Tibet. Temperature thresholds for seasonal division were determined based on Tibetan phenology and the main crops' growing periods. The research reveals that: (1) While general methods for climatic season division exhibit certain limitations in Tibet, the Tibetan phenological and growing season division methods align well with agricultural requirements. (2) Employing temperature thresholds of "6 ℃, 15 ℃", "5 ℃, 16 ℃", "6 ℃, 16 ℃", and "6 ℃, 17 ℃", the study analyzes the variation in the lengths of the four seasons at typical weather stations. Gerze experiences a longer winter, while Zayu has a prolonged summer. In Lhasa, Qamdo, Gerze, and Zayu stations, summer durations have extended, whereas autumn and winter have contracted. (3) Mutation tests indicate that the average summer temperatures at Lhasa and Qamdo stations underwent significant changes in 2011 and 2017, respectively, supporting the use of 17 ℃ as the summer threshold. (4) The newly proposed four-season division method for Tibet, characterized by the "6 ℃, 17 ℃" index, demonstrates a distribution pattern of weather stations mainly along the lower elevation areas of the Yarlung Tsangpo River Line during summer. Spring and autumn durations are shorter in the northwest and south, and longer in the central and eastern regions. Conversely, summer is extended in the central areas and reduced in the peripheral regions, with the opposite pattern observed for winter, spring, and autumn. This spatiotemporal distribution aligns with Tibet's climatic reality. The average onset dates for spring, summer, autumn, and winter are March 21, June 16, July 25, and November 3, respectively.

Key words: methods of seasonal division; air temperature threshold; phenology; growing period; Tibet